

**This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

**Defective images within this document are accurate representations of
the original documents submitted by the applicant.**

Defects in the images may include (but are not limited to):

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORLED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-97791

(43) 公開日 平成9年(1997)4月8日

A
appears to be
a part of
EP 788 310

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/321			H 0 1 L 21/92	6 0 2 D
21/60	3 1 1		21/60	3 1 1 S
			21/92	6 0 3 B
				6 0 4 B

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平7-249627

(22) 出願日 平成7年(1995)9月27日

(71) 出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレイション

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION

アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州
アーモンク (番地なし)

(72) 発明者 斉藤 和人

滋賀県野洲郡野洲町大字市三宅800番地
日本アイ・ビー・エム株式会社 野洲事業
所内

(74) 代理人 弁理士 合田 潔 (外2名)

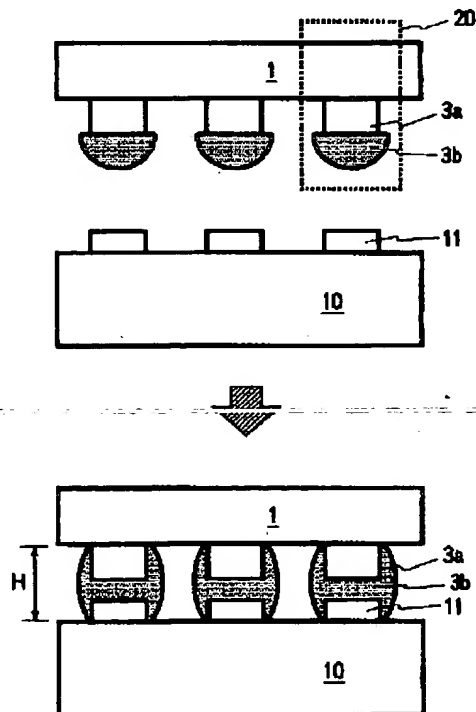
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パンプ構造、パンプの形成方法、実装接続体

(57) 【要約】

【課題】 実装基板と半導体チップとの間隔を大きくとりつつ、チップ側のみにハンダ層を形成することによってハンダ付けを行うためのパンプ構造を提供する。

【解決の手段】 二層構造を有するパンプをチップ1にのみ形成し、ハンダ付けの際に実装基板10の電極11と接続する。二層構造の下層3aはハンダ付けの際に溶融せず、一定の基板-チップ間距離を確保できる。上層3bはハンダ付けにおいて実際に溶融し、パンプと実装基板上の電極とを電気的に接続する作用を果たす。下層の融点は上層の融点に比べて少なくとも20℃以上高いことが好ましい。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】半導体チップと実装基板とを電気的に接続するためのバンプ構造であって、
上記半導体チップ上に形成され、ハンダ付けの際に溶融することのない金属からなる第一の部分と、
上記第一の部分上に形成され、ハンダ付けの際に溶融して上記実装基板とを電気的に接続する第二の部分と、
を含むバンプ構造。

【請求項 2】前記第一の部分が前記半導体チップと前記実装基板との距離とを一定値以上に保つことを特徴とする請求項 1 のバンプ構造。

【請求項 3】前記第一の部分の高さ H_1 が $90\mu\text{m} > H_1 > 30\mu\text{m}$ を特徴とする請求項 1 のバンプ構造。

【請求項 4】前記第二の部分の高さ H_2 とすると、 H_1/H_2 は $0.3 \sim 2$ であることを特徴とする請求項 3 のバンプ構造。

【請求項 5】前記第一の部分と第二の部分の体積をそれぞれ V_1 、 V_2 とすると $5 > V_2/V_1 > 1$ を特徴とする請求項 1 のバンプ構造。

【請求項 6】前記第一の部分が前記第二の部分に係わる組成が有する融点よりも 20°C 以上の融点を有する金属からなる請求項 1 のバンプ構造。

【請求項 7】前記第一の部分が金またはスズ 3 重量%—鉛 97 重量%のハンダからなる請求項 7 のバンプ構造。

【請求項 8】前記第二の部分が共晶組成の二元系ハンダ合金または共晶組成のインジウムを含む三元系ハンダ合金からなる請求項 1 のバンプ構造。

【請求項 9】前記第一の部分の断面積と前記第二の部分の断面積が実質的に同一である請求項 1 のバンプ構造。

【請求項 10】複層からなるバンプの形成方法であって、
基板上に形成した電極上に金属膜を形成するステップと、
前記電極上以外の箇所にフォトレジスト膜を形成するステップと、
前記金属膜を電極として第一の金属をメッキするステップと、
前記金属膜を電極として前記第一の金属上に第二の金属をメッキするステップと、
前記フォトレジスト膜を除去するステップと、を含むバンプの形成方法。

【請求項 11】前記第一の金属をメッキするステップにおいて、前記第一の金属の厚さが前記フォトレジスト膜の厚さよりも小さいことを特徴とする請求項 10 のバンプの形成方法。

【請求項 12】前記フォトレジスト膜が高解像度のレジストによって構成される請求項 10 のバンプの形成方法。

【請求項 13】前記第二の金属が前記フォトレジスト膜上に形成されないことを特徴とする請求項 10 のバンプ

の形成方法。

【請求項 14】半導体チップと実装基板との実装接続体であって、

上記半導体チップ上に形成された第一の金属部分と、上記実装基板上に形成された第二の金属部分と、上記第一の金属部分と上記第二の金属部分との間に少なくとも一部が介在し、これらを電気的に接続する第三の金属部分とからなり、上記第一の金属部分と上記第二の金属部分と上記第三の金属部分とによって確保される上記半導体チップと上記実装基板との距離が $60\mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする、実装接続体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】本願発明は半導体チップと実装基板とを電気的に接続するためのハンダバンプの構造及びその形成方法に係わる。特に本願発明は半導体チップ側のみにハンダバンプを形成し、接続寿命を向上させた構造等についてのものである。

【0002】

【従来技術】回路素子が形成された半導体チップはチップ間を電気的に接続するために実装基板上に実装される。その際に、半導体チップの電極と実装基板上に形成された電極とを電気的に接続する必要がある。このため、この方法として図に示すようなフリップチップ方式が一般的である。この方式はチップ 1 の外部出力端子にハンダボール 3 を形成し、一方、実装基板 10 の配線 11 上にハンダバンプ 12 を形成して、この両者をリフローによって接続する。ここで、半導体チップ 1 上のハンダボール 3 はハンダバンプ 12 に係わるハンダよりも高融点なハンダであり、リフローによって溶融しない。例えば、ハンダバンプ 12 は共晶組成のハンダ（スズ 63 重量%/鉛 37 重量%）であり、他方、ハンダボール 3 はより高い融点を有する組成のハンダ（スズ 97 重量%/鉛 3 重量%）などである。また、実装基板 10 上の配線 11 は一般的には金や銅からできているから、リフロー後も溶融しない。実装基板 10 としてはビルドアップ法によって形成された SLC (Surface Laminated Circuitry) 基板のような多層プリント基板が使用されることが多い。

【0003】このように、実装基板にフリップチップ方式によって半導体チップを接続する方式では実装基板側に予め接続用のハンダ 12 を形成する必要がある。なぜならば、ハンダ付け後の半導体チップ 1 と実装基板 10 との間隔 H を確保する必要があるためである。

【0004】 H は製品の接続寿命のパラメータである。つまり、接続寿命 N_f は、 $N_f = M \cdot H / (\Delta\alpha \cdot 1 \cdot \Delta T)$ で与えられる。ここで、 M : 接続材料によって定まる接続定数、 $\Delta\alpha$: 半導体チップと実装基板との熱膨張係数の差、 1 : 半導体チップの中心から最外周に存在するバンプまでの距離、 ΔT : 熱サイクルの温度差、を

10

20

30

40

50

示す。はんだ等接続のための材料(Mに影響)、半導体チップ、実装基板の設計(1、 $\Delta\alpha$ に影響)、半導体チップの実装体のおかれる環境(ΔT に影響)が同一であるときに接続寿命は接続後の半導体チップと実装基板との間隔Hに依存する。従って、Hを大きくするために接続用のハンダ12を実装基板上に形成する必要があるのである。

【0005】しかし、実装基板側に接続用のハンダを形成することは以下の点で問題がある。例えば、この方法ではチップ側にハンダバンプ3を、実装基板側にハンダバンプ12を形成する必要があるが、このように、一つの電氣的接続を達成するために複数の箇所にハンダを供給することはプロセスが複雑となり生産性の観点で問題である。また、このようなハンダバンプ12を形成することはパッドのピッチの微細化を阻害し、実装基板の高密度化が困難になる。さらに、ハンダバンプは一般的にはスクリーン印刷法によって形成されるが、この際に用いるマスクは高価であり、仕様の変更が困難である。

【0006】関連する技術として例えば特開平3-62926号公報に開示されるものがある。これは基板上に形成された電極上に融点の高いハンダ層、さらにその表面に融点の低いハンダ層を形成した構造を有するハンダバンプである。この構造によれば融点の高いハンダ層はハンダ付けの際に溶融することがないので、一定のHが確保できるという利点がある。しかし、表面の低融点ハンダ層の厚さが小さいため、高融点ハンダ層を厚く形成する必要があり、プロセス上困難である。また、開示されている構造によれば笠の広いマッシュルーム形状をしているために、ハンダバンプ間のピッチを大きくとらなくてはならず、高密度実装を阻害することが明らかである。

【0007】また、特開平5-243233号公報にも下層が銅によって形成され、絶縁層上に露出した部分を金からなる上層で被覆した構造のバンプが開示されている。しかし、この発明における金の被覆は下層である銅の安定性を補うために行っており、本願発明のように接続寿命の延命及びフリップチップ接続におけるハンダバンプ形成の生産性の向上を企図したものではない。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本願発明は接続寿命を確保するために実装基板と半導体チップとの間隔Hを大きくとりつつも、実装基板側にハンダバンプを形成することなく半導体チップ側のみにハンダ層を形成することによってハンダ付けを行うことを課題とする。

【0009】また、本願発明は上記課題を達成しつつ、実装基板の高集積化を阻害しない接続用ハンダバンプの構造を提供するものである。このために、上層の笠の部分が横方向に最小限度しか展出しない構造、及び、製造方法を採用すべきである。

【0010】

【課題を解決するための手段】この課題を解決するために、本願発明では二層構造を有するバンプをチップ側にのみ形成し、ハンダ付けの際に実装基板側の電極と接続する。実装基板側には従来のようにハンダバンプを形成しない。二層構造は下層がハンダ付けの際に溶融せず、従って、一定の基板-チップ間距離Hを確保できる組成のものとする。上層はハンダ付けにおいて実際に溶融し、バンプと実装基板上の電極とを電氣的に接続する作用を果たす。この際に、下層の融点は上層の融点に比べて少なくとも20℃以上高いことが好ましい。

【0011】本願発明の上記課題は具体的には、「半導体基板と実装基板とを電氣的に接続するためのバンプであって、上記半導体チップ上に形成され、ハンダ付けの際に溶融することのない金属からなる第一の部分と、上記第一の部分上に形成され、ハンダ付けの際に溶融して上記実装基板とを電氣的に接続する第二の部分と、からなるバンプ構造」によって達成できる。接続寿命を確保するために上記第一の部分は一定の高さを有する必要がある。ハンダ付けの際に溶融する第二の部分は一定の体積を有していることが電氣的接続を確実にしめるために必要である。このために、第一の部分と第二の部分との表面からの高さ及び体積をそれぞれ H_1 、 V_1 、 H_2 、 V_2 とおくと、 $H_1 > 30 \mu\text{m}$ 、 $H_2 > 20 \mu\text{m}$ 、 H_1/H_2 は0.3~2、 $V_2/V_1 > 1$ を具備することが必要である。この条件においてハンダ付けを実際に行い、 $H = 60 \sim 90 \mu\text{m}$ とすることが好適である。

【0012】

【発明の実施の態様】本願発明は図2に示すように、実装基板10の電極11上にはなんらハンダ層を形成することなく、半導体チップ1側にハンダ付けの際に溶融するハンダ層3bを含む、下層3aと上層3bの二層からなるバンプ20を形成するものである。基板-チップ間の距離Hはハンダ付けの際に溶融しない下層3a、ハンダ付けの際に溶融する上層3b、実装基板側電極11によって確保される。

【0013】このようなバンプによってフリップチップ接続したときの断面図を図2に示す。上層金属3bがリフローによって溶融し、実装基板上10の電極11と半導体チップ1上の下層金属3aを被覆するように接続がなされる。このとき、下層金属3aはリフローによって溶融しないから、半導体チップ1と実装基板10の間には一定の距離Hが保たれている。これによって、接続寿命の向上を図ることが可能となる。

【0014】このように、本願発明に係わるバンプは上層金属のみがリフロー時に溶融するものである。従って、下層金属の融点は上層金属の融点よりも十分に高いことが必要である。実験によると、融点の差が少なくとも20℃以上であることが判明した。融点の差が20℃以下になると、リフロー時に下層金属も溶融してしま

い、必要な半導体チップと実装基板との間の距離Hの確

保ができなくなる。

【0015】本願発明に係わるバンプ20の構造の詳細を図3に示す。バンプを構成する下層3aと上層3bは半導体基板1上に配置された電極22及びバリヤメタル23を介して形成されている。また、バンプ20の周囲は絶縁層30によって被覆される。この実施例では上層3bは下層3a上に笠を作って展出した形となっている。このように、上層3bを転出させることによって上層に係わるハンダの量を大きくすることができる。

【0016】上層金属3bはハンダ付けの際に実際に溶融する部分である。従って、これを構成する組成としては低融点のハンダ組成が望ましい。たとえば、二元系の共晶組成を有するハンダ（スズ63重量%、鉛37重量%）、あるいは、インジウムを含んだ三元系の共晶組成ハンダ（インジウム40重量%、スズ40重量%、鉛20重量%）などである。上層金属としては他にも例えばインジウムを含んだ二元系のハンダ、具体的にはインジウム52重量%-スズ48重量%、あるいは、インジウム75重量%-鉛25重量%などの組成のものが考えられる。下層金属3aはハンダ付けの際には溶融せず、基板-チップ間距離Hを確保するものである。従って、上層3bよりも融点が高いものが望ましい。たとえば、高融点のハンダ（スズ3重量%、鉛97重量%）、金、銅、ニッケル、銀などの金属が好適である。

【0017】このようなバンプの形成方法を図4以下に説明する。半導体基板1上に形成されたアルミ電極22の表面からRFプラズマエッチング処理によって酸化膜を除去する。次に、複数層からなる金属膜23をメタルスパッタリング装置によって全面的に形成する。この膜は後のメッキ工程において共通電極として作用する。この金属膜23はTi-Cu、Ti-Ni-Au、Ti-Pd-Au等からなっている。次にメッキ用マスクとしてフォトリソスト24を塗布する。この後、バンプを形成すべき箇所についてフォトリソストに開口部を設け、図5に示すように金属膜23をメッキ用の共通電極としてフォトリソスト層24とほぼ同じ厚さ分だけメッキして下層金属25を形成する。下層金属はハンダ付けの時に基板-チップ間の距離Hを確保するためのものである。さらに、図6に示すように下層金属25上に上層金属26をメッキして、本願発明に係わる所望の構造を得る。この後、フォトリソスト層24及び金属膜23をウェットエッチング等によって除去すれば第2図に示したようなバンプ20を得ることができる。

【0018】ここで、下層金属と上層金属との表面からの高さ及び体積をそれぞれ H_1 、 V_1 、 H_2 、 V_2 とみると、 $H_1 > 30 \mu\text{m}$ 、 $H_2 > 20 \mu\text{m}$ 、 H_1/H_2 は0.3～2、 $V_2/V_1 > 1$ が本願発明の好適な実施例の範囲である。例えば、フォトリソストの厚さが $50 \mu\text{m}$ のとき、一実施例によれば上記それぞれは以下の値をとる。
 $V_1: 0.7 \times 10^{-4} (\text{mm}^3)$

$V_2: 3.0 \times 10^{-4} (\text{mm}^3)$

$H_1: 32 (\mu\text{m})$ 、 $H_2: 50 (\mu\text{m})$

このとき、 $H_1/H_2=0.6$ 、 $V_2/V_1=4.3$ である。

【0019】ここで、 H_1/H_2 が大きすぎる時はつまり下層金属の高さ H_1 が極めて大きい状態を意味するが、下層金属の高さ H_1 は上述したようにフォトリソストの厚さと相関するので H_1 には限界がある。また、 H_1/H_2 が小さすぎると下層金属によって基板-チップ間距離Hを確保しようとする本願発明の意図が十分に反映されない。 V_2/V_1 については大きすぎるとハンダ付け時に溶融する金属が多くなりすぎてかえってハンダ付けが不安定となり、小さすぎるとハンダ付けの結果得られる電気的な接続に問題を生じやすくなる。

【0020】他の実施例によれば、

$V_1: 1.0 \times 10^{-4} (\text{mm}^3)$

$V_2: 2.2 \times 10^{-4} (\text{mm}^3)$

$H_1: 50 (\mu\text{m})$ 、 $H_2: 27 (\mu\text{m})$

このとき、 $H_1/H_2=1.9$ 、 $V_2/V_1=2.2$ である。

【0021】いずれの場合でも、ハンダ付け後の基板-チップ間距離Hは $60 \sim 90 \mu\text{m}$ である。その結果、実験によれば $H_1 > 30 \mu\text{m}$ 、 $H_2 > 20 \mu\text{m}$ 、 $V_2/V_1 > 1$ が必要十分条件であることが判明した。接続寿命を確保するために最終的に問題となるのはHであるが、計算上 $H > 60 \mu\text{m}$ は必要である。この最低値を満たすためには上述した H_1 、 H_2 が必要である。

【0022】次に、上層金属が笠のように下層金属上に転出しない態様の実施例を図7に示す。この態様においてもチップの半導体基板1上に電極22及び金属層23を介して下層金属層3a及び上層金属層3bからなるバンプ20が形成されており、その周囲は絶縁層30で被覆される。図3に示したものと相違する点は、上層金属3bが下層金属3aと同じ断面積を有している点である。このような態様のバンプによれば横方向（基板と水平な方向）の消費面積が小さいので、実装基板の高密度化を達成することが可能となる。

【0023】このような態様のバンプの形成方法について第8図に示す。この図は笠を有する態様の形成方法を示した第6図と同じステップを示したものであり、第4図、第5図については共通する。まず、このためには笠を有する態様のバンプを形成する場合よりも厚いフォトリソスト膜を形成することが必要である。この際のフォトリソスト膜の厚さは $70 \mu\text{m}$ 以上が好ましい。そして、下層金属層27の表面がフォトリソストの表面よりも低い位置に来るように形成し、その上に上層金属層28を形成する。このとき、上層金属層28の表面がフォトリソスト24の表面よりも低い位置にあれば、笠のないバンプ形状を得ることができる。このようなタイプのバンプを形成するためにはフォトリソストの厚さを通常

7

よりも厚くすることが必要である。好適な実施例ではこの際に塗布されるフォトリソ膜の厚さは $100\mu\text{m}$ 以上である。

【0024】なお、本願発明は同様な構造のバンプを実装基板側に形成することによっても達成可能である。しかし、ハンダバンプは一般的にはスクリーン印刷法によって形成されるが、この際に用いるマスクは高価であり、仕様の変更が困難である。従って、好ましい実施例ではバンプは半導体チップ側に形成される。

【0025】

【実施例】上述した H_1 、 H_2 、 V_1 、 V_2 のパラメータのうち、本願発明の所期の効果を達成する上で本質的な要素は H_1 および V_2/V_1 である。まず、 H_1 は下層金属層の厚さであるが、これは製品の接続寿命に影響する。従って、この厚さは最低でも $30\mu\text{m}$ 以上である必要がある。一方、 H_1 が大ききときは接続寿命の面でメリットがあるが、フォトリソを厚く塗布しなければならず製造工程上の問題がある。また、下層金属層をメッキで形成するときは、 H_1 が大きくなるほど高さのばらつきが生じやすくなり半導体チップと実装基板との接続不良が生じやすくなる。このように考えると、 H_1 の適正な範囲は以下の通りである。

$$30\mu\text{m} < H_1 < 90\mu\text{m} \cdots (a)$$

【0026】次に V_2/V_1 について検討した結果を示す。 V_2/V_1 は上層金属と下層金属との体積比を示すが、上層金属層の体積があまりにも多くなるとリフロー時に溶融する金属が多くなりすぎる。この結果、接続後にリフロー金属がバンプ間に溢れて電気的短絡のおそれがある。一方、 V_2/V_1 が小さいとリフローを行っても十分に接続がなされない可能性がある。これらのことを考えると、 V_2/V_1 の適正な範囲は以下の通りである。

$$1 < V_2/V_1 < 5 \cdots (b)$$

8

【0027】上述したパラメータのうち H_2 は比較的バンプの特性に影響がない。ただし、 H_2 は V_2/V_1 に相關する。

【発明の効果】半導体チップにのみハンダバンプを形成することによって、実装基板側にハンダバンプを形成する工程を削減でき、生産性の向上が期待できる。また、ハンダバンプの構造を融点の高い金属層とハンダ付けにおいて実際に溶融する金属層との二層構造にすることによってチップと基板との間隔 H を大きく保つことができる。このため接続寿命が向上する。さらに、形成されたバンプはその先端が球状になっているので、ハンダ付け前に予めリフローして球状にする必要がないため、この工程を省略できる。笠の部分が最小限度しか展出しない構造とすることによって、高密度実装に対応することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来技術によるフリップチップ方式の場合のハンダ層の形成を示す。

【図2】本願発明によるハンダバンプ構造を用いて接続した場合の模式図を示す。

【図3】本願発明によるハンダバンプ構造の一実施例を示す。

【図4】本願発明によるハンダバンプ構造の製造工程を示す断面図である。

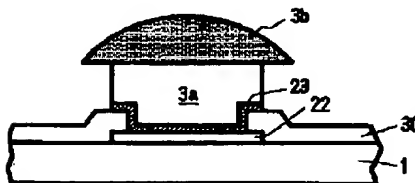
【図5】本願発明によるハンダバンプ構造の製造工程を示す断面図である。

【図6】本願発明によるハンダバンプ構造の製造工程を示す断面図である。

【図7】本願発明によるハンダバンプ構造の他の実施例を示す。

【図8】本願発明によるハンダバンプ構造の他の実施例の製造工程を示す断面図である。

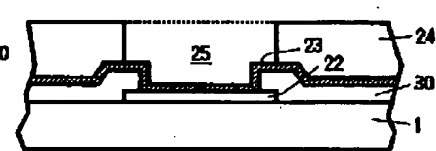
【図3】



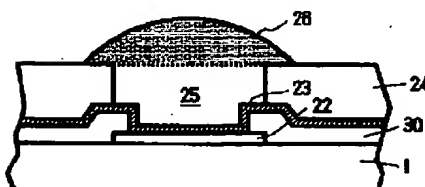
【図4】



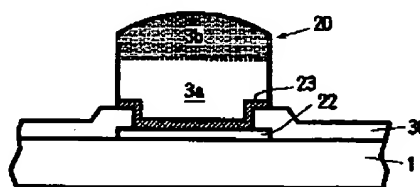
【図5】



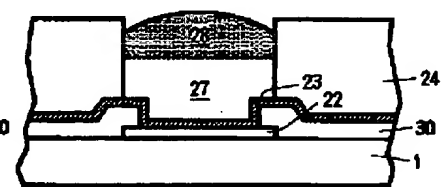
【図6】



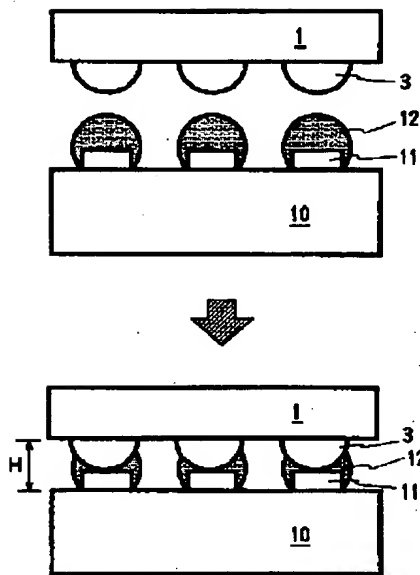
【図7】



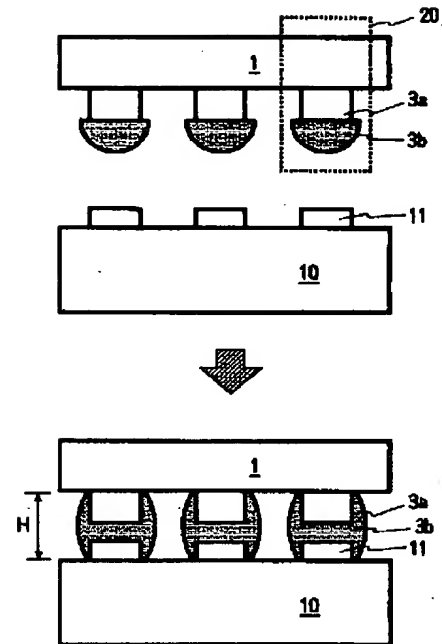
【図8】



【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 庄子 礼二郎
 滋賀県野洲郡野洲町大字市三宅800番地
 日本アイ・ピー・エム株式会社 野洲事業
 所内